

2. Приймак М.В. Основи теорії моделювання, аналізу і прогнозу в автоматизованих системах управління ритмічними процесами: Автореф. дис...докт. техн. наук: 05.13.06. - Київ: НАУ, 2001. - 34 с.

3. Мацюк О.В., Приймак М.В. Моделі газонавантажень з врахуванням стохастичної періодичності та можливості їх статистичного аналізу // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. - №2(7). - С.64-69.

4. Мацюк О.В., Приймак М.В. Вкладені стаціонарні послідовності періодичних випадкових процесів та їх використання в задачах обробки газонавантажень // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. - №4(7). - С.64-69.

5. Попадько В.Е. Некоторые вопросы оперативного прогнозирования газопотребления

методами теории случайных процессов: Автореф. дис. канд.техн.наук. - Москва, 1972.

6. Мацюк О.В., Приймак М.В., Толбатов А.В. Методологія статистичної обробки даних газоспоживання // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2004. - №4. - С. .

7. Бархударян И.Г., Дагестанян М.Г. К вопросу построения математических моделей перспективного прогнозирования режимов газопотребления // ВНИИЭгазпром, 1978, С.2-9. Деп.ВНИИЭгазпром, №63М.

8. Ляконис А.Ю. Оптимизация городского газоснабжения. - Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1989. - 301 с.

9. Мамедов Н.Я-Оглы. Влияние климатических факторов на процесс газопотребления (на примере Азербайджанской ССР): Автореф. дис. канд.техн.наук. Баку, 1985.

УДК 504.3.054:622.691.4.052.012

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ АРЕАЛІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ В РАЙОНІ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

<sup>1</sup>Я.М. Семчук, <sup>2</sup>Л.Б. Чабанович, <sup>2</sup>Р.М.Говдяк

<sup>1</sup>ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 45369, e-mail: [public@ifdtung.if.ua](mailto:public@ifdtung.if.ua)

<sup>2</sup>ВАТ "Укргазпроект", Київ, 04050, Київ-50,  
вул. Артема, 77, тел +380 (044) 244-72-50, e-mail: [ukrpro@i.kiev.ua](mailto:ukrpro@i.kiev.ua)

*Приведены результаты исследований формирования ареалов загрязнения атмосферы в районе компрессорных станций. Установлено, что основную роль при этом играют такие процессы как молекулярная диффузия, поперечная и продольная дисперсия. Указаны пути уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу.*

В умовах безперервно зростаючої ролі компресорних станцій (КС) магістральних газопроводів як засобів компримування газу проблема охорони природного, виробничого та соціального середовищ є дуже актуальною, оскільки вони постійно зазнають хімічного та шумового забруднення. Крім цього, кожна КС створює небезпеку при утворенні вибухопожежних газоповітряних сумішей у закритих приміщеннях.

Підраховано, що щорічно в Україні КС викидається близько 150 тис. тонн шкідливих речовин, причому оксиди вуглецю становлять 51%, оксиди азоту – 24%, природний газ – 23%, інші речовини – 2%.

Вплив компресорних станцій (КС), як небезпечних об'єктів для навколишнього середовища, наведений у роботах К.С.Борисенка [1], А.Л.Терехова [2], Г.М.Любчика [3], Б.І.Шелковського [4] та інших.

*The results of the researches of the formation of the spreads of the atmospheric contamination are showed in the article in the area of the compresure stations. It was found out that such processes as molecular diffusion, transectional and longitudinal dispersion are the most defining here. The ways of the diminishing of the emissions of the toxic substances in an atmosphere are resulted.*

Шкідливі речовини, що формують ареали забруднення в атмосфері за способом викиду компресорними станціями можна поділити на організовані та неорганізовані. До організованих відносять викиди через вихлопні труби, шахти, свічки, а до неорганізованих – викиди, що супроводжуються, в основному, при таких технологічних операціях:

- продувка газопроводів ГПА при їх запусках та зупинках – залповий викид;
- продувка у конденсатозбірник, технічні освітлення та регламент – залповий викид газу з пилловловлювачів (сепараторів);
- змащування ГПА (бака дегазації) при його роботі – викид незначного обсягу газу;
- викид газу з пневмокрнів після їх спрацювання.

За температурою шкідливі речовини, що виділяються в атмосферу, відносять до си-

льноагрітих [5], оскільки температура на виході з вихлопних труб шахти становить близько  $400^{\circ}\text{C}$ .

За режимом роботи викиди КС поділяються на постійнодіючі з рівномірним валовим викидом та залпові. При залпових викидах в атмосферу за короткий проміжок часу поступає велика кількість шкідливих речовин.

Процеси формування ареалів забруднення атмосфери при викидах газів із трубопроводів, свердловин, із різних апаратів, що працюють під тиском, наведені у роботах [6].

Виходячи із фізичних уявлень та специфіки викидів з наведених джерел, можна стверджувати, що виток газу спочатку у більшості випадків, відбувається зі звуковою швидкістю, відтак викинута суміш розсіюється в атмосфері за законом струминного (інжекційного) змішування.

При викидах забруднюючих речовин джерелами компресорних станцій магістральних трубопроводів викинута суміш не підпорядковується закону струминного змішування [6], оскільки вона поступає в атмосферу при тиску трохи вищому за атмосферний. У безвітряну погоду область забруднення (ареал) над джерелом викиду являє собою обернений правильний конус, зігнутий у напрямку дії вітру (рис 1).

Із представленої схеми видно, що в ареалі забруднення атмосфери можна виділити 3 зони: зона “нерозведених” концентрацій або своєрідна “інтрузія”, що формується безпосередньо над джерелом викиду в результаті вторгнення шкідливих речовин в атмосферу довжиною  $X_0$ ; перехідна зона довжиною  $(X_1 - X_0)$  та дисперсна зона – зона розсіювання, яка утворюється під дією фізико-хімічних процесів.

Загалом, при формуванні ареалів забруднення атмосфери відіграють роль такі фізико-хімічні процеси:

- конвективний перенос;
- молекулярна дифузія;
- поздовжня та поперечна дисперсія;
- гравітаційна седиментація.

Інтенсивність впливу фізико-хімічних процесів, в основному, поздовжньої та поперечної дисперсії, також залежить від наявності аерозолів в атмосфері або як їх інакше називають – ядра конденсації. Аерозолі – це пилоподібні мінеральні частини кори вивітрювання, висодисперсні агрегати розчинних солей різного ступеня зволоженості, найменші краплі розчинів газових сумішей ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCl}$  та інші), частини диму, органічні речовини різного складу, найдрібніші організми та їх залишки (спори, пилок рослин, мікроби).

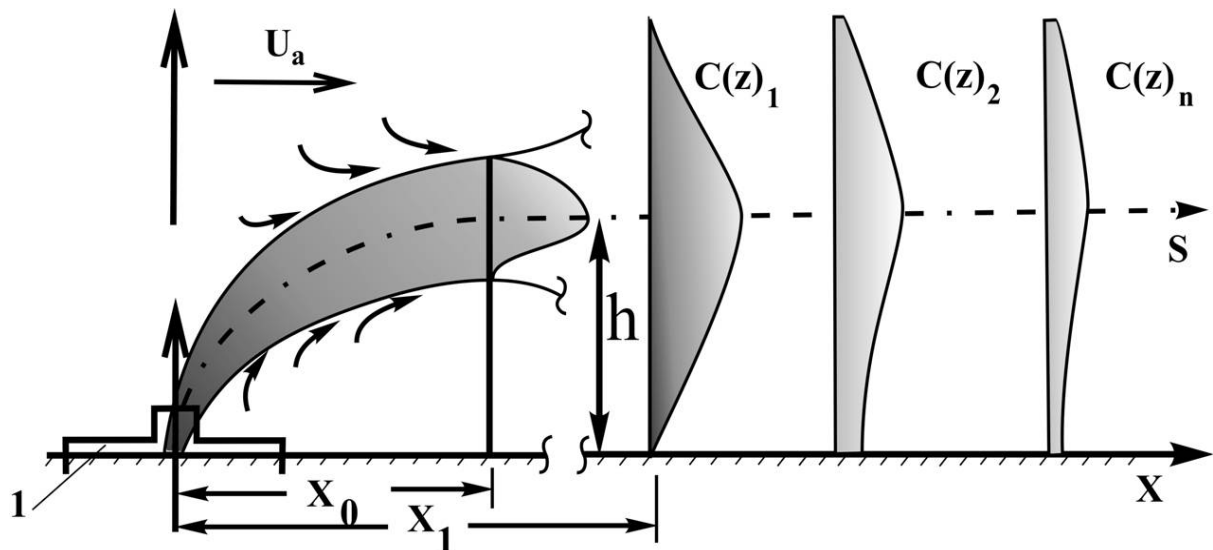
Наведені речовини перебувають у динамічній рівновазі, стійкість якої залежить від їх дисперсності та інтенсивності турбулентних потоків повітря.

Частини аерозолів мають широкий діапазон розмірів. Верхня межа лімітується можливістю перебувати у повітрі в завислому стані. Дрібні аерозолі наближаються за розмірами до молекул і є їх агрегатами.

Всі види аерозолів в атмосфері мають загальну особливість, яка полягає у зменшенні їх кількості з висотою. Розподіл їх залежить від багатьох фізичних чинників, зокрема, від адвекції та випадання осадів, коагуляції ядер та осідання їх під дією сили тяжіння.

Пересування забруднення разом із повітрям являє собою конвективний перенос, який є найбільш суттєвим фактором міграції.

Принципово існує можливість розповсюдження забруднення в атмосфері шляхом молекулярної дифузії – процесу вирівнювання концентрації частинок у межах певного об'єму повітря самочинно, оскільки він супроводжується збільшенням ентропії системи „забруднююча



1 – джерело викиду забруднюючої речовини;  $C(z)_1$ ,  $C(z)_n$  – концентрація забруднюючих речовин в атмосфері;  $h$  – відстань до осі ареалу ( $S$ );  $U_a$  – швидкість вітру;  $X_0$  – довжина “інтрузії”

Рисунок 1 - Схема формування ареалу забруднення в атмосфері в районі компресорної станції при швидкості вітру ( $U_a$ )

речовина – повітря”, а рівномірний розподіл речовини у системі відповідає найбільш імовірному її стану. Кількісно дифузія може бути виражена рівнянням першого закону Фіка

$$m_x = -D \frac{dc}{dx} \cdot \tau \cdot S, \quad (1)$$

де:  $m$  – маса перенесеної речовини у напрямку координати  $x$  і пропорційна градієнту концентрації  $dc/dx$ ;  $\tau$  – час;  $S$  – площа, яка охоплює забруднення і розміщена перпендикулярно руху маси речовини.

Розглядаючи силу тертя  $F$ , що діє зі сторони повітряних мас на дифузійні частинки, як протидіючу кінетичній чи тепловій енергії молекули, Ейнштейн запропонував співвідношення

$$D = \frac{K_B \cdot T}{F}, \quad (2)$$

де:  $K_B$  стала Больцмана ( $K_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К);  $T$  – температура середовища; Дж. Стокс довів, що для руху сферичних частинок

$$F = \sigma \cdot \pi \cdot \eta \cdot r. \quad (3)$$

Порівнюючи рівняння (2) та (3), одержуємо рівняння для практичного користування

$$D = \frac{K_B \cdot T}{\sigma \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}. \quad (4)$$

З цього рівняння випливає, що частинки переміщуються тим швидше, чим вища температура середовища, менший розмір частинок забруднень  $r$  та в'язкість середовища  $\eta$ .

На формування ареалів забруднення атмосфери впливає такий процес, як дисперсія (розсіювання забруднюючих речовин), причому розвивається поперечна та поздовжня, які характеризуються відповідними коефіцієнтами дисперсії. Коефіцієнт поздовжньої дисперсії залежить від швидкості повітряних мас ( $v$ ), а також від параметра  $\lambda$ , що характеризує структуру завислих частин у повітрі. Цю залежність можна виразити так:

$$\sigma_{x,y} = \lambda \cdot v \cdot t^2 / c. \quad (5)$$

Конкретне значення поперечної дисперсії визначається залежно від висоти джерела викиду забруднюючих речовин і його можна визначити формулою

$$\sigma_z = \frac{h_0}{\sqrt{2 \ln \frac{C^*}{C_s}}}, m^2, \quad (6)$$

де:  $h_0$  – висота джерела викиду, м;  $C^*$  – концентрація речовин на виході із джерела викиду, мг/м<sup>3</sup>.

На ступінь формування ареалів впливає турбулентність повітря в атмосфері. У верхніх

частинах приземного шару спостерігається крупномасштабна турбулентність, близька до однорідної та ізотропної, що викликається взаємодією різних течій повітря. В нижній частині приземного шару турбулентність порівняно дрібномасштабна, що генерується, в основному, обтіканням вітром будівель, рельєфом поверхні землі.

Турбулентність можна виразити кількісно. Так, Л.Г. Лойцянский [7] запропонував характеризувати її критерієм Кармане

$$K_\zeta = \frac{\sqrt{(V')^2}}{V}, \quad (7)$$

де:  $V'$  – величина швидкості миттєвих турбулентних пульсацій;  $V$  – середня швидкість потоку повітря в головному напрямку.

Різновидністю загальної турбулентності є турбулентна гравітаційна седиментація, що залежить від діаметра завислих частинок у повітрі. Встановлено, що цей процес відіграє значну роль, якщо діаметр частинок перевищує 10 мкм. Швидкість седиментації  $V$  у приземному шарі атмосфери можна розрахувати за формулою

$$V = D / C, \quad (8)$$

де  $C$  – концентрація шкідливих речовин.

Загалом, формування ареалів забруднення атмосфери в районі КС магістральних газопроводів залежить від природоохоронних заходів, які повинні проводитись у таких напрямках:

- заміна застарілих газоперекачувальних агрегатів на нові зарубіжні або вітчизняні або їх приводів авіаційного та суднового типу з прийнятими екологічними показниками;
- удосконалення технологічного обладнання щодо його герметичності, надійності та руйнування;
- оптимізація режимних параметрів експлуатації ГТУ;
- переведення окремих цехів (або КС цілому) на електропривод;
- збільшення висоти димовідвідних шахт;
- розміщення цехів КС на окремих площах на відстані мінімального взаємного екологічного впливу (на стадії будівництва та реконструкції КС);
- розробка та впровадження каталітичних методів очистки продуктів згоряння та каталітичних камер згоряння;
- зміна навантаження ГПА шляхом регулювання робочого процесу у камері згоряння;
- використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) при впровадженні енергозберігаючого обладнання та систем, що істотно економлять паливо та зменшують кількість шкідливих речовин, що викидаються у навколишнє середовище.

Основним природоохоронним заходом, що створює екологічну безпеку КС, є впровадження енергозберігаючих систем та обладнання, які зменшують кількість викидів в атмосферу шкідливих речовин.

### Література

1. Борисенко К.С. Взрывы в компрессорных установках. -К.: Наукова думка. -1973. -102с.
2. Терехов А.Л. Борьба с шумом на компрессорных станциях. -Л.: Недра. -1985. -150с.
3. Любчик Г.Н., Микулин Г.А., Марченко Г.С. и др. Особенности эмиссии NOx и CO в горелках на базе трубчатых модулей // Энергетика : економіка, технології, екологія. 2001. – № 4. – С. 59 – 63.
4. Шелковский Б.И., Патыченко А.С., Захаров В.П. Утилизация и использование вторичных энергоресурсов компрессорных станций.

ва, при якому температурний напір по його товщині стає квазіпостійним і інтенсивність

5. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Балластов А.М., Брод-нянский В.М., Голубев Б.П. и др. – М.: Энергоатомиздат. – 1983. – С. 552.

6. Карп И.Н., Говдяк Р.М. Калапунь И.М. и др. Эффективное производство энергии на компрессорных станциях магистральных газопроводов // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. - № 3. – С. 12.-22.

7. Лойцянский Л.Г. Механика жидкостей газов. - М.: Наука, 1973, 906 с.

УДК 62.592.113

## ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ГАЛЬМІВНИХ ШКІВІВ СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ БУРОВИХ ЛЕБІДОК (частина друга)

О. І. Вольченко, Д. О. Вольченко, Л. І. Криштопа

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42464

e-mail: [admin@ifdtung.if.ua](mailto:admin@ifdtung.if.ua)

*Расчетно-экспериментальным методом определены тепловые потери с помощью различных видов теплообмена от поверхностей тормозных шкивов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок и проиллюстрированы пути интенсификации их охлаждения.*

*The account-experimental method defines heat losses with the help of different sorts of heat change from surfaces of brake cone of the band-block brakes of drilling hoists and the ways of they intensification are illustrated.*

– М.: Недра. – 1991. – 160 с.

У першій частині публікації наведено критичний аналіз визначення теплоти від поверхонь гальмівного шківа, яка поглинається його тілом та передається іншим елементам, акумулюється та розсіюється у навколишнє середовище. Запропоновано метод визначення теплових втрат від поверхонь гальмівного шківа у лабораторно-промислових умовах.

Стрічково-колодкове гальмо бурової лебідки у більшості випадків працює у режимі повторно-короткочасних гальмувань. При такому режимі роботи за цикл ( $t_{\text{ц}} = t_{\text{г}} + t_{\text{о}}$ ) теплота, що генерується на поверхнях тертя фрикційних вузлів, частково йде на нагрівання зовнішніх та внутрішніх пар тертя, частково відводиться від їхніх поверхонь в оточуюче середовище (випромінюванням та вимушеною конвекцією у деталях та вузлах, що досягаються до стрічки та шківа). Температура елементів тертя при цьому від циклу до циклу зростає до досягнення встановленого [1] та критичного [2] значення. Перший стан настає тоді, коли теплота, що генерується на внутрішніх парах тертя за час  $t_{\text{г}}$ , буде рівною кількості теплоти, що відводиться в оточуюче середовище та у спряженні з елементами тертя деталі. Другий стан є характерним лише для обою гальмівного шкі-

теплообміну його поверхонь дещо знижується.

Переходимо до розробленого методу оцінки теплових втрат гальмівними шківами бурових лебідок шляхом нагрівання та охолодження їхніх ободів у лабораторних та промислових умовах. При цьому попередньо вводимо деякі уточнення щодо визначення кількості теплоти, яка втрачається їхніми ободами при радіаційному, кондуктивному, природному та вимушеному конвективному теплообміні. Після цього встановлюємо закономірності зміни температур робочої поверхні гальмівних шківів, які перебувають у статичному та динамічному стані.

Перед реалізацією усіх етапів методу, що пропонується, визначають вагові та термодинамічні параметри рідкого металу (див. табл.1), який використовується для нагрівання обода гальмівного шківа, повну вагу гальмівного шківа разом з рідким металом, що заповняв його порожнини. Нагрівання шківів відбувається за допомогою 12-ти електронагрівачів, кожен з яких має потужність  $P_{\text{е}} = 2,0$  кВт, і розміщений з кроком через  $60^\circ$  з обох боків торців кожного обода шківа.

На першому етапі методу нагрівання, визначаємо кількість теплоти, яка відводиться від поверхонь гальмівного шківа в оточуюче середовище за допомогою радіаційного та природ-